# 山西省蝶类多样性与地带分布

曹天文，王　瑞，董晋明，宣善滨，赵　飞，李　捷，赵俊生
（山西省农业科学院植物保护研究所，太原　030031）

**摘要**：结合自然地理与植被条件对山西蝶类多样性分布的现状进行研究，结果表明，其特点是：不同林区差异性大，呈南北递减趋势，受小气候环境影响较大，资源呈片段化分布，耕作区种类多样性丧失严重。根据已知的 216 种蝶类在山西 15 个林区的分布情况，采用聚类平均法（UPGMA）对这 15 个林区的蝶类多样性进行聚类分析，在相似性系数为 0.85 时，可将山西林区划分为 5 个蝶类分布地带。按照地理位置和自然景观的不同，分别称之为：Ⅰ. 南端山地蝴蝶区；Ⅱ. 南部盆地蝴蝶区；Ⅲ. 中南部山地丘陵蝴蝶区；Ⅳ. 中部高山蝴蝶区；Ⅴ. 西北部丘陵蝴蝶区。在关键区系分析中，得知南端山地蝴蝶区和中部高山蝴蝶区是山西蝶类多样性分布的重要地区，对这两个区系加以保护，即可保护山西已知蝴蝶种类的 97.7%。

**关键词**：蝶类；区系；多样性；地带分布；保护
**中图分类号**：Q968　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：0454-6296(2004)06-0793-10

# The diversity and zonal distribution of butterflies in Shanxi Province

CAO Tian-Wen，WANG Rui，Dong Jin-Ming，XUAN Shan-Bin，ZHAO Fei，LI Jie，ZHAO Jun-Sheng (Institute of Plant Protection，Shanxi Academy of Agricultural Sciences，Taiyuan 030031，China)

**Abstract**: On the basis of natural geography and vegetation，the present situation of butterfly diversity was studied in Shanxi. The results indicated that: in different forest regions，the diversity of butterfly had much difference and decreased progressively from south to north. Meanwhile，influenced by the microclimate environment，the butterfly resources appeared clumpy distribution. In cultivation area，the diversity of species lost seriously. Based on the distribution of 216 species of butterflies in 15 forest regions，the diversity of butterfly species was studied by UPGMA clustering analysis. The result show that 15 forest regions were divided into 5 butterfly regions when the similarity coefficient was 0.85. They were: Ⅰ. South-end mountain butterfly region; Ⅱ. South part basin butterfly region; Ⅲ. Middle-South part mountain- hill butterfly region; Ⅳ. Middle part high mountain butterfly region; Ⅴ. Northwest part hill butterfly region. According to the result of key fauna analysis，the important butterfly regions in Shanxi were Ⅰ and Ⅳ. It was inferred that 97.7% butterfly species in Shanxi could be preserved when butterflies in the two butterfly regions were protected.

**Key words**: Butterfly; fauna; diversity; zonal distribution; conservation

保护生物多样性是当前国际社会瞩目的重大环境问题之一(陈灵芝，1993)。森林的片段化对物种多样性的影响已受到世界上许多学者的关注(Laurance，1994; Kinnunen *et al*.，1996; Davies and Margules，1998; 杨大荣，1998; Murrell and Law，2000; 尤平等，2003)。昆虫是动物界种类最多的类群，在生态系统中扮演着重要的角色，是构成森林物种多样性的重要组成部分(袁德成，1998)。研究森林片段化对昆虫多样性的影响，将对人类进行森林管理、生态的恢复和改善起到积极的作用(于晓东等，2003)。

蝶类是鳞翅目(Lepidoptera)、锤角亚目(Rhopalocera)的昆虫，在生态循环系统中有着重要作用。同时也是人类文化发展和物质文化生活中的一个组成部分，是社会经济得以持续发展的基础之一。由于人类建园、耕作以及造林的大面积单一化，和现今多种农药的大量施用，对蝶类多样性的稳定产生了严重的影响，这点从山西蝶类多样性现状可

基金项目：山西省自然科学基金资助项目(2003-1087)；山西省财政支农项目(2003-210)
作者简介：曹天文，男，1961 年 9 月生，山西忻州人，副研究员，主要从事昆虫区系与多样性保护利用的研究，E-mail：zgsxtyctw@hotmail.com
收稿日期 Received：2004-04-02；接受日期 Accepted：2004-06-07

见一斑。

曾对山西蝶类区系进行专门调查研究的有王焘教授，记录了分布于太原市及其附近地区的蝶类 7 科 39 属 56 种（王焘，1960）。20 世纪 80 年代以来，昆虫学工作者先后多次共记录山西蝶类 8 科 119 属 216 种（张志勇等，1991；曹天文和娄巨贤，1997；范仁俊等，1999）。上述工作侧重在区系调查方面。本文结合山西省的地理生态条件，对山西蝶类多样性的现状和地带分布进行了分析研究，可为山西的森林管理、自然区划、生态恢复、蝶类多样性保护和利用及蝶害控制等提供科学依据。

# 1 材料与方法

## 1.1 调查区域及其自然概况

调查工作先后在山西南北 11 个地市全面展开。山西属于黄土高原的东部，介于北纬 34°34′～40°43′，东经 110°14′～114°33′。地势东北高，西南低，山地丘陵面积（占 80.3%）广阔，海拔 200 m～3 058 m，起伏异常显著。山西处于中纬度大陆性季风气候区，由于山峦起伏，地形复杂，致使气温、降水等主要气候要素时空变化大，北部属温带，中南部属暖温带。全省年平均气温 3℃～14℃。无霜期北部最短 113 天，南部最长 239 天。年平均降水 400～900 mm，由东南向西北递减。

山西森林植被稀少，森林总覆盖率仅 10% 左右。山西南部、东南部是次生落叶灌丛为主的落叶阔叶林，或针阔叶混交林分布的区域；中部和西部是以针叶林及落叶灌木为主，落叶阔叶林为次的分布区；北部和西北部属于温带灌草丛和干旱草原分布区。根据森林植被类型及其地理分布规律，并综合考虑地质、地貌、土壤、气候等因子及其与森林类型的关系，从东北到西南，山西森林被划分成 15 个林区的分区系统（王国祥，1992）。

物种多样性的研究与植被类型和自然景观是分不开的。本项研究工作就遵循上述森林分区系统而展开，为了简略，文中各个林区分别以其序号来代表（图 1）。

## 1.2 调查方法

**1.2.1** 调查地点与路线：1985 至 1992 年期间，我们已初步对山西的蝶类做过一些考察工作，在此基础上，结合蝶类资源的开发，从 1993 年开始，参照山西森林的分区系统先后选择了有区域代表性的乡镇或林场作为资源调查点。这样，在山西南北 11 个地市，共设立了 57 个采集点，这些点遍布在山西的全部 15 个林区（图 1），同时也包括许多前期做过调查的地方，但对调查资料欠缺的点，我们按计划进行补充调查。每个点的调查路线按自然环境条件而设计。如：植被、海拔、地形及地势等。盆地丘陵地带选择的调查路线经过城镇、村庄、河沟、滩地、菜地、多种作物地、荒地、果园、林地、梯田、坡地和荒坡等。山地丘陵地带选择的调查路线经过村庄、河滩、水库、作物地、荒坡、山沟、山坡（阳坡和阴坡）、山顶、人工林、自然林（阔叶林、混杂林和针叶林）、灌木林和草甸等。

**1.2.2** 调查时间：1993 至 2002 年，选择蝴蝶的发生期，在 57 个（乡镇或林场）调查点先后开展工作，山西南部的调查地点一般在当年的 3 月中、下旬开始至 11 月的上、中旬结束，山西中部的调查地点一般在当年的 4 月上、中旬开始至 10 月的中、下旬结束，山西北部的调查地点一般在当年的 4 月下旬、5 月上旬开始至 10 月的上旬结束。每个点的调查工作是在调查期内每隔 2～3 周结合资源开发调查 1 次。每个点的调查数据在时间上有 2 年以上的连续性。每次调查 2 天以上，采集时间在 9：00 至 17：00。

**1.2.3** 标本采集与鉴定：近 10 年来，由 3 个蝶类调查组（每组 5 人）分别负责山西的南部、中部和北部开展工作，调查时用路线网捕法采集，采集路线都是按照事先设计的路线进行，每次不变。所采标本均作好采集记录，然后集中到太原进行整理鉴定，并统计各个调查点每次采集标本的种类和数量。在标本鉴定工作中，以参考中国蝶类图志（武春生，2001；周尧，1994；周尧，1998）和临近省的地方蝶类志（王绪捷，1985；王治国等，1990；童雪松等，1993；杨宏等，1994；王直诚，1999；黄人鑫等，2000）鉴定为主，遇到的疑难种类则送请有关专家鉴定。

## 1.3 数据处理与分析方法

（1）根据标本的采集记录，按山西林区划分系统（王国祥，1992），编制蝶类采集统计表（文中略），汇总出山西蝶类资源多样性分布表，探求不同生态环境条件下，山西蝶类多样性分布的现状和规律。

（2）物种丰富度（S）直接用生境类型中物种数表示（陈振宁和曾阳，2001）。

（3）趋势分析中选用多项式 $Y = B + C_1X + C_2X^2 + C_3X^3 + ... + C_{15}X^{15}$ 创建趋势线。

（4）对不同林区蝴蝶分布的地带性分析，采用相似性系数（Swrensen，1948）比较法：相似性系数 $QS = 2C/A + B$（式中 A、B 分别表示林区 A、B 中的种类

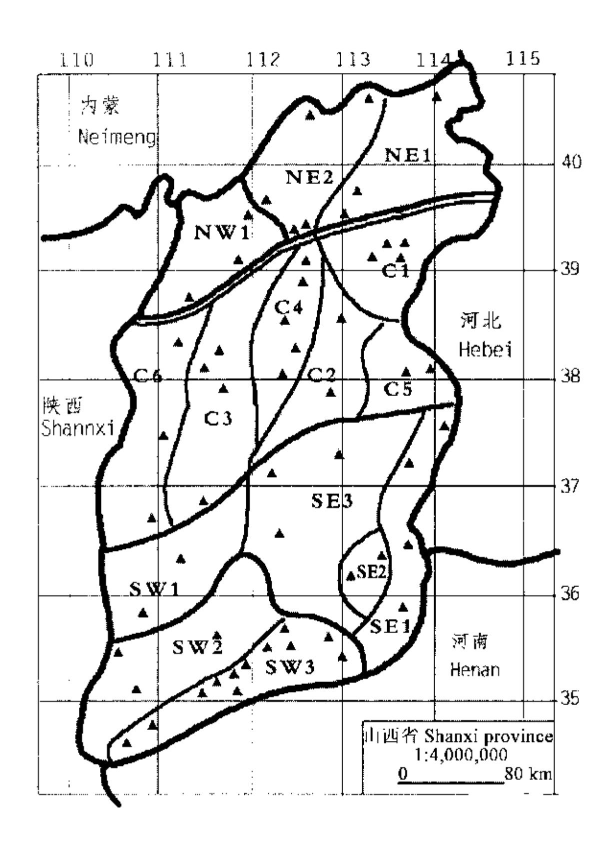



图 1　山西省林区的划分(王国祥, 1992)及蝶类调查点

Fig. 1　Forest zones in Shanxi (Wang, 1992) and investigation sites for butterflies

▲ 蝶类调查点 Investigation site for butterflies.
NE1. 大同盆地杨树油松人工林区 Datong basin poplar and Chinese pine artificial forest.
NE2. 左云右玉平鲁缓坡丘陵小叶杨人工林区 Zuoyun-Youyu-Pinglu gentle slope-hill *Populus simonii* artificial forest.
NW1. 晋西北黄土丘陵杨树柠条人工林区 Northwestern Shanxi loess hill poplar and pea shrub artificial forest.
C1. 恒山-五台山云杉华北落叶松林区 Hengshan and Wutaishan mountain *Picea* and *Larix principis-rupprechtii* forest.
C2. 忻定太原盆地杨树人工林区 Xinding and Taiyuan basin poplar artificial forest.
C3. 吕梁山北段山地云杉华北落叶松林区 Northern Luliangshan mountain *Picea* and *Larix principis-rupprechtii* forest.
C4. 汾河上游黄土丘陵油松杨树人工林区 Upper reaches of the Fen River loess hill Chinese pine and poplar artificial forest.
C5. 阳泉盆地丘陵油松杨树人工林区 Yangquan basin-hill Chinese pine and poplar artificial forest.
C6. 晋西黄土丘陵刺槐油松人工林区 Western Shanxi loess hill locust and Chinese pine artificial forest.
SE1. 太行山山地油松林区 Taihangshan mountain Chinese pine forest.
SE2. 长治盆地杨树刺槐人工林区 Changzhi basin poplar and locust artificial forest.
SE3. 太岳山山地油松辽东栎林区 Taiyueshan mountain Chinese pine and *Quercus liaotungensis* forest.
SW1. 吕梁山南段土石山油松辽东栎林区 Southern Luliangshan soil-stone mountain Chinese pine and *Quercus liaotungensis* forest.
SW2. 晋南盆地杨树泡桐人工林区 Southern Shanxi basin poplar and Paulownia artificial forest.
SW3. 中条山土石山栎树林区 Zhongtiao Mountain soil-stone mountain oak forest.
下同 The same below.

数量; C 表示 A 与 B 两个林区中共有种的数量)按地带关系矩阵求得相似性系数矩阵,用类平均法(UPGMA)进行归类。然后根据聚类分析结果,进行蝴蝶区系的划分。

(5)关键区系的分析方法(袁德成, 1997): ①选择特有性最高的区系作为第一优先保护区。②选择能对第一优先保护区保护物种补充种类最多的区作为第二优先保护区。③选择能对前两个保护区保护物种补充种类最多的区作为第三优先保护区,依次类推,得到保护区优先序。④直到保护区的数目增加到某一数量时,即可包含该类群的全部物种,这些保护区组成了最低保护区组合。

## 2　结果与分析

### 2.1　山西蝶类物种多样性与分布特点

**2.1.1**　山西蝶类资源的概况: 通过对所采标本的整理鉴定和材料汇总,与邻近省市北京 174 种(杨宏等, 1994)、河北 103 种(王绪捷, 1985)、河南 217 种(王治国等, 1990)等比较,山西蝶类资源比较丰富,已知 216 种,隶属 8 科 119 属。其中凤蝶科 Papilionidae 4 属 13 种,绢蝶科 Parnassiidae 1 属 4 种,

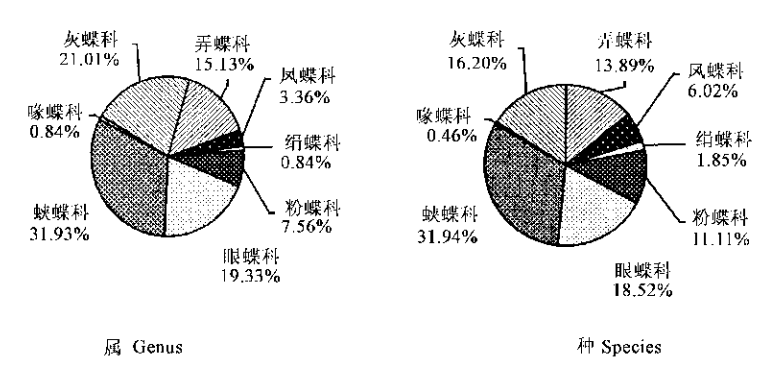



图 2 山西蝶类各科所占的属种比例

Fig. 2 The proportion by genus and species of each family of butterflies in Shanxi

凤蝶科 Papilionidae，绢蝶科 Parnassiidae，粉蝶科 Pieridae，眼蝶科 Satyridae，蛱蝶科 Nymphlidae，喙蝶科 Libytheidae，灰蝶科 Lycaenidae，弄蝶科 Hesperiidae.

粉蝶科 Pieridae 9 属 24 种，眼蝶科 Satyridae 23 属 40 种，蛱蝶科 Nymphlidae 38 属 69 种，喙蝶科 Libytheidae 1 属 1 种，灰蝶科 Lycaenidae 25 属 35 种，弄蝶科 Hesperiidae 18 属 30 种。

从各科的属种数量所占比重来看(图 2)：蛱蝶科的属占 31.93%，种占 31.94%，占主导地位；其次是眼蝶科、灰蝶科、弄蝶科和粉蝶科，它们的和占到 94.96%(属)和 91.67%(种)。这集中体现了古北区蝶类资源的特点。

**2.1.2** 山西蝶类资源的分布现状：经过对 15 个林区中所分布的蝶类进行统计，可基本了解山西蝶类分布的现状(表 1)。

从表 1 中对各林区种数的统计可以得知，15 个林区的蝶类丰富度由小到大的顺序是：SE2(长治盆地杨树刺槐人工林区)＜NW1(晋西北黄土丘陵杨树柠条人工林区)＜NE1(大同盆地杨树油松人工林区)＜C2(忻定-太原盆地杨树人工林区)＜SW2(晋南盆地杨树泡桐人工林区)＜C6(晋西黄土丘陵刺槐油松人工林区)＜NE2(左云右玉平鲁缓坡丘陵小叶杨人工林区)＜C4(汾河上游黄土丘陵油松杨树人工林区)；C5(阳泉盆地丘陵油松杨树人工林区)＜C3(吕梁山北段山地云杉华北落叶松林区)＜SW1(吕梁山南段土石山油松辽东栎林区)＜C1(恒山-五台山云杉华北落叶松林区)；SE3(太岳山山地油松辽东栎林区)＜SE1(太行山山地油松林区)＜SW3(中条山-土石山栎树林区)。

**2.1.3** 山西蝶类资源的分布规律：①15 个林区蝶类资源分布的差异性 依据表 1：在山西已知分布的 216 种蝶类中，广泛分布在山西省的蝴蝶种类有 53 种，占蝶类资源总数的 24.5%，这是山西省 15 个林区蝶类资源分布的共同性。除这些种类以外有 163 种分别分布于不同的林区范围，占区系总数的 75.5%，可见差异性较大。山西南北纬度相差 6°9′，有如此大的差异性(平均每度约 12.3% 的差异)，除

**表 1 山西 15 个林区蝶类的分布现状**

**Table 1 Butterfly distribution in fifteen forest regions in Shanxi**

| 类群 Taxa | 不同林区的种类数量 Number of species in each forest region | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | NE1 | NE2 | NW1 | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | SE1 | SE2 | SE3 | SW1 | SW2 | SW3 |
| 凤蝶科 Papilionidae | 2 | 2 | 2 | 4 | 5 | 3 | 5 | 6 | 3 | 7 | 6 | 6 | 6 | 6 | 13 |
| 绢蝶科 Parnassiidae | | 2 | | 3 | | 3 | 1 | 1 | | 2 | | 2 | 2 | | 2 |
| 粉蝶科 Pieridae | 10 | 12 | 10 | 12 | 10 | 13 | 13 | 13 | 13 | 15 | 12 | 15 | 17 | 12 | 19 |
| 眼蝶科 Satyridae | 17 | 18 | 17 | 25 | 17 | 25 | 19 | 17 | 19 | 19 | 12 | 18 | 18 | 12 | 26 |
| 蛱蝶科 Nymphlidae | 34 | 38 | 34 | 45 | 33 | 43 | 39 | 38 | 34 | 49 | 27 | 44 | 40 | 33 | 58 |
| 喙蝶科 Libytheidae | | | | | | | | | | 1 | | 1 | 1 | | 1 |
| 灰蝶科 Lycaenidae | 16 | 18 | 15 | 19 | 19 | 18 | 19 | 19 | 18 | 18 | 16 | 19 | 21 | 23 | 30 |
| 弄蝶科 Hesperiidae | 10 | 13 | 9 | 14 | 14 | 15 | 14 | 16 | 13 | 16 | 9 | 17 | 16 | 13 | 25 |
| 合计 Total | 89 | 103 | 87 | 122 | 98 | 120 | 110 | 110 | 100 | 127 | 83 | 122 | 121 | 99 | 176 |
| 小气候种 Microclimate species | | | | 8 | | 6 | | | | | | | | | 38 |

山西广布种有 53 种 There are 53 widespread species of butterflies in Shanxi.

与特殊的地理位置和复杂的地理环境有关系外，与人类活动所引起许多物种的分布区缩小也有关系(张文驹和陈家宽，2003)。

②蝶类资源随纬度递减的分布趋势　依据表 1 中蝶类 8 个科在 15 个林区的分布现状，应用多项式等式创建趋势线(图 3、图 4 和图 5)。在山西从南到北，随着纬度的增加，凤蝶科、蛱蝶科、喙蝶科、弄蝶科等 4 科呈递减趋势，粉蝶科和灰蝶科平稳而北部略降，绢蝶科在中部较多，眼蝶科平稳而北部略升。由于占主导地位的蛱蝶科和其他 3 科的多样性分布由晋南到晋北递减，决定了山西蝶类资源总体分布由晋南向晋北递减的趋势。我们通过山西林区蝶类总体分布趋势线的创建也验证了这一点(图 6)。这与气温、降水等主要气候因素在山西从南到北的变化规律相同。

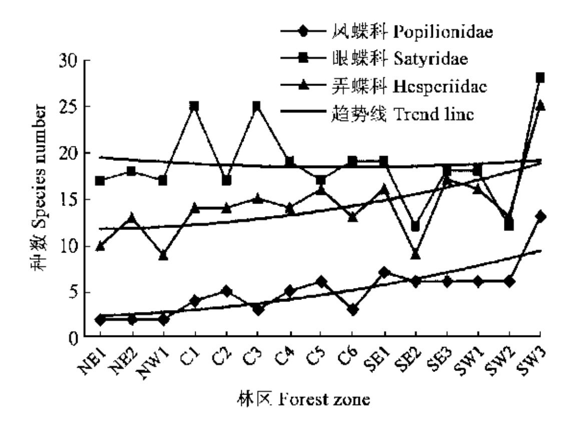



图 3　山西凤蝶科、眼蝶科和弄蝶科的多样性分布现状与趋势
Fig. 3　Diversity distribution and trend of Papilionidae, Satyridae and Hesperiidae in Shanxi

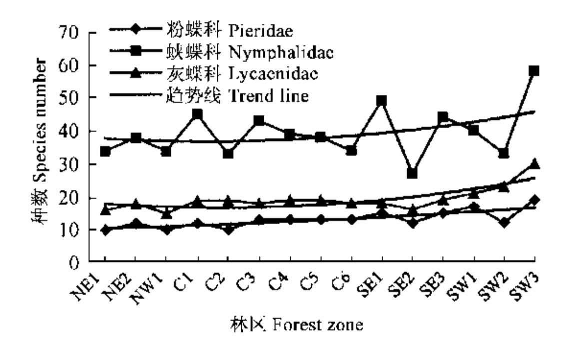



图 4　山西粉蝶科、蛱蝶科和灰蝶科的多样性分布现状与趋势
Fig. 4　Diversity distribution and trend of Pieridae, Nymphlidae and Lycaenidae in Shanxi

③山西蝶类资源分布的片段化格局　山西的盆地贯穿南北，形成自东北向西南排列的断陷沉降带，由北向南依次是：天阳、大同、忻定、太原、临汾、长治、运城等 7 大盆地，这些盆地把山西高原分割为东面太行山，西面吕梁山，北部七峰山、洪涛山、恒山、

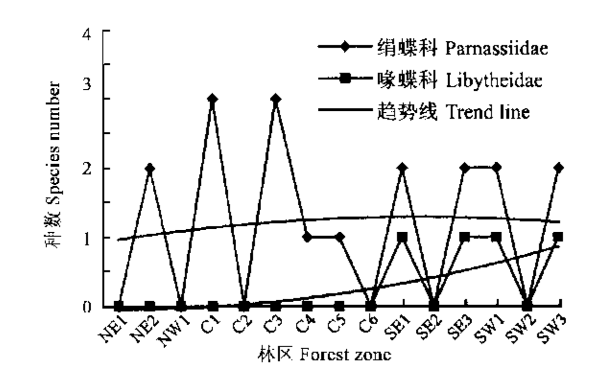



图 5　山西绢蝶科和喙蝶科的多样性分布现状与趋势
Fig. 5　Diversity distribution and trend of Parnassiidae and Libytheidae in Shanxi

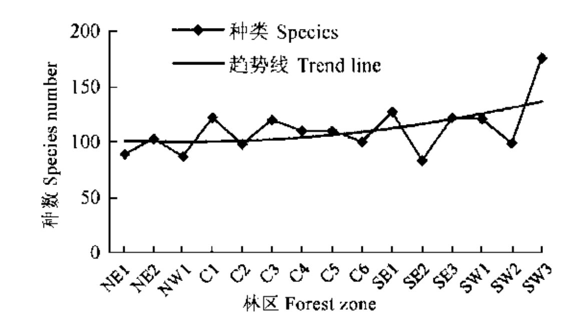



图 6　山西林区蝶类的多样性分布现状与趋势
Fig. 6　Diversity distribution and trend of butterfly of the forest regions in Shanxi

管涔山，中部五台山、系舟山、云中山、芦芽山、关帝山、太岳山，南部中条山等。现有森林主要为重新恢复起来的天然次生林和人工林。在这些特殊的生态地理条件下，山西蝶类多样性也形成了丰富与贫乏相间隔的局面，呈片段化分布。如表 1，多样性丰富或较丰富的代表性林区有：SW3. 中条山土-石山栎树林区；SE1. 太行山山地油松林区；C3. 吕梁山北段山地云杉华北落叶松林区；C1. 恒山-五台山云杉华北落叶松林区。多样性贫乏或较贫乏的代表性林区有：SW2. 晋南盆地杨树泡桐人工林区；SE2. 长治盆地杨树刺槐人工林区；C6. 晋西黄土丘陵刺槐油松人工林区；C2. 忻定-太原盆地杨树人工林区；NW1. 晋西北黄土丘陵杨树柠条人工林区；NE1. 大同盆地杨树油松人工林区；NE2. 左云-右玉-平鲁缓坡丘陵小叶杨人工林区。

④局部小气候环境可以促进多样性的形成　由于山西地形的复杂，形成了许多特殊的小气候环境，所以虽然森林植被稀少，却仍保存下了十分丰富的植物资源。以植物为生的蝴蝶资源也同样，在植被较好的南向或东南向的山沟总能发现更多的蝴蝶种类。这一点在中条山-土石山栎树林区尤其突出(见

表 1)。该区有蝶类 176 种,山西蝴蝶中 81.5% 的种类在这一林区有分布。调查中我们还发现,其中仅在中条山南坡局部小气候环境才能发现的蝶类有 38 种之多(如蓝凤蝶 *Papilio protenor*、美姝凤蝶 *Papilio macilentus*、大紫蛱蝶 *Sasakia charonda*、绢蛱蝶 *Calinaga davidis* 和古眼蝶 *Palaeonympha opalina* 等),占中条山蝶类资源总数的 21.6%。这一带位于黄河的北岸,阳光充足,气温偏暖,降雨量大,植物生长茂密。可见小气候环境对山西中条山-土石山栎树林区的蝶类多样性产生了良好的影响。

⑤耕作区的蝶类多样性显著减少 随着全球物种灭绝速度的加快,物种丧失可能带来的生态学后果也已倍受人们的关注(张全国和张大勇,2003)。山西省总土面积 1 566 万公顷,耕地 1 156 万公顷,占 73.8%。由于耕作区植被类型简单和大量的使用农药,使蝶类的多样性受到了严重的损失。这不仅表现在种类少,除菜粉蝶 *Pieris rapae* 等蝶类害虫经常大量发生外,多数残留的种类其个体数量也很少。如表 1:在晋东南吕梁山南部山地油松辽东栎森林区包括的 4 个林区中,长治盆地杨树刺槐人工林区是发达的农业耕作区,其蝴蝶种类比其他 3 个林区减少 40 种左右,物种丰富度约降低 32.5%;在晋南盆地中条山栎树杨树泡桐森林区中,晋南盆地杨树泡桐人工林区也是发达的农业耕作区,其蝴蝶种类比中条山-土石山栎树林区减少了 77 种之多,物种丰富度约降低 43.8%。可见耕作区种类多样性的丧失是严重的。

### 2.2 蝶类多样性的聚类分析及其自然分布区的划分

根据 216 种蝶类在山西林区的分布情况,比较统计出各林区之间相同与相异种类的数值,计算出相似性系数作为各个林区地带之间的相似性指标,列出相似性矩阵(表 2)。

表 2 山西省 15 个林区蝴蝶资源的相似系数矩阵

Table 2 Similarity coefficient of butterfly in fifteen forest regions in Shanxi

| | NE1 | NE2 | NW1 | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | SE1 | SE2 | SE3 | SW1 | SW2 | SW3 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| NE1 | 1 | 0.93 | 0.92 | 0.82 | 0.84 | 0.82 | 0.84 | 0.73 | 0.87 | 0.63 | 0.68 | 0.69 | 0.67 | 0.62 | 0.51 |
| NE2 | | 1 | 0.90 | 0.86 | 0.83 | 0.88 | 0.87 | 0.75 | 0.89 | 0.65 | 0.67 | 0.71 | 0.69 | 0.60 | 0.52 |
| NW1 | | | 1 | 0.77 | 0.79 | 0.81 | 0.79 | 0.68 | 0.88 | 0.58 | 0.62 | 0.64 | 0.63 | 0.57 | 0.44 |
| C1 | | | | 1 | 0.85 | 0.93 | 0.91 | 0.84 | 0.83 | 0.75 | 0.68 | 0.80 | 0.73 | 0.65 | 0.62 |
| C2 | | | | | 1 | 0.82 | 0.92 | 0.87 | 0.87 | 0.75 | 0.82 | 0.80 | 0.77 | 0.76 | 0.60 |
| C3 | | | | | | 1 | 0.90 | 0.78 | 0.88 | 0.70 | 0.64 | 0.74 | 0.75 | 0.63 | 0.59 |
| C4 | | | | | | | 1 | 0.86 | 0.88 | 0.76 | 0.75 | 0.80 | 0.79 | 0.71 | 0.62 |
| C5 | | | | | | | | 1 | 0.78 | 0.88 | 0.81 | 0.94 | 0.87 | 0.79 | 0.72 |
| C6 | | | | | | | | | 1 | 0.68 | 0.70 | 0.72 | 0.72 | 0.66 | 0.56 |
| SE1 | | | | | | | | | | 1 | 0.78 | 0.94 | 0.90 | 0.78 | 0.81 |
| SE2 | | | | | | | | | | | 1 | 0.80 | 0.78 | 0.90 | 0.63 |
| SE3 | | | | | | | | | | | | 1 | 0.94 | 0.79 | 0.77 |
| SW1 | | | | | | | | | | | | | 1 | 0.80 | 0.75 |
| SW2 | | | | | | | | | | | | | | 1 | 0.72 |
| SW3 | | | | | | | | | | | | | | | 1 |

从该矩阵中可以看出,各个林区之间相似程度不同,如果没有其他种类的介入,最相似的有:SE1、SE3 和 SW1,NE1、NE2 和 NW1,C1 和 C3,C2 和 C4,SE2 和 SW2。在此基础上,采用类平均法对上述 15 个林区的蝶类多样性进行聚类分析,其结果(图 6)可见,在相似性系数为 0.85 时,可将山西蝶类划分为 5 个自然分布带。按照地理位置和自然景观的不同,分别称之为:Ⅰ. 南端山地蝴蝶区 该区只包括前述的 SW3 林区,即山西南端的中条山一带,是山西省蝶类最丰富的区域,有种类 176 种,在个体发生数量上也是首屈一指。代表种有:兰凤蝶 *Papilio protenor*、美姝凤蝶 *Papilio macilentus*、迷蛱蝶 *Mimathyma chevana*、大紫蛱蝶 *Sasakia charonda*、绢蛱蝶 *Calinaga davidis* 和古眼蝶 *Palaeonympha opalina* 等。该区域等同于前述的中条山–土石山栎树林区,有明显的东洋种的侵入。Ⅱ. 南部盆地蝴蝶区

是指运城盆地和长治盆地,即前述的 SE2 和 SW2 两个林区组成。该区农业发达,虽然地处山西南部,但蝴蝶资源比周边山区贫乏,有种类 99 种,主要分布一些在山西广布的种类。种群数量多的有:菜粉蝶 *Pieris rapae*、云粉蝶 *Pontia daplidice*、斑缘豆粉蝶 *Colias erate*、绢粉蝶 *Aporia crataegi*、蛇眼蝶 *Minois dryas*、大红蛱蝶 *Vanessa indica*、小红蛱蝶 *Vanessa cardui*、蓝灰蝶 *Everes argiades*、赭弄蝶 *Ochlodes* spp.

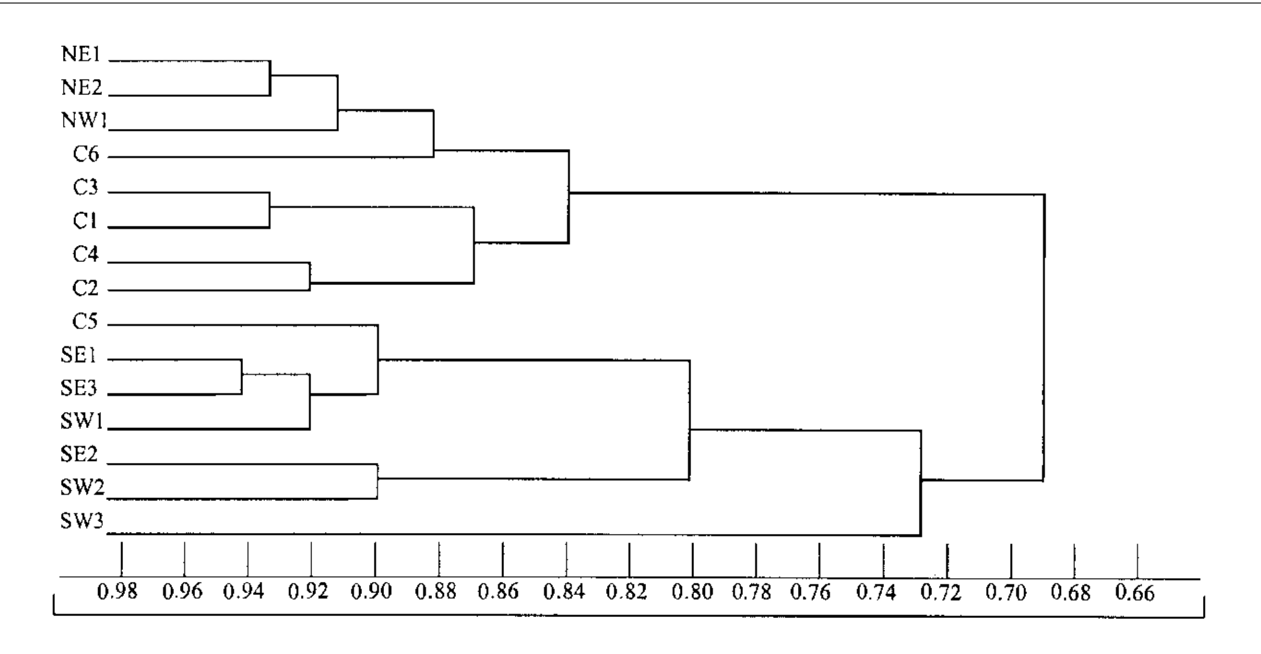



图 7　山西省 15 个林区间蝶类物种的相似性聚类分析图

Fig. 7　Similarity clustering graphs of butterfly species in fifteen forest regions in Shanxi

和谷弄蝶 *Pelopidas* spp. 等。Ⅲ. 中南部山地丘陵蝴蝶区　指太行山、太岳山和吕梁山南部，由前述的 SW1、SE3、SE1 和 C5 等 4 个林区组成(相似程度在 90% 以上)。该区蝶类较丰富，有种类 140 种，部分种类的种群发生量较多。代表种有：绢粉蝶 *Aporia* spp.、麝凤蝶 *Byasa alcinous*、丝带凤蝶 *Sericinus montelus*、花椒凤蝶 *Papilio xuthus*、二尾蛱蝶 *Polyura narcaea*、猫蛱蝶 *Timelaea maculata* 和蟾豹蛱蝶 *Fabriciana nerippe* 等。Ⅳ. 中部高山蝴蝶区　指吕梁山中北部的关帝山、芦芽山、太行山北部的系舟山、五台山和恒山等山地及它们之间的丘陵地带，由前述的 C1、C2、C3 和 C4 等 4 个林区组成(相似程度 87% 以上)，该区蝶类也较为丰富，有种类 134 种，代表种有：高山白绢蝶 *Parnassius stubbendorfii*、红珠绢蝶 *Parnassius bremeri*、草地绢蝶 *Parnassius nomion*、白钩蛱蝶 *Polygonia c-album*、黄钩蛱蝶 *Polygonia c-aureum*、孔雀蛱蝶 *Inachis io*、黄缘蛱蝶 *Nymphalis antiopa*、白矩朱蛱蝶 *Nymphalis vau-album*、珍蛱蝶 *Clossiana gong*、藏眼蝶 *Tatiana tibetana*、珍眼蝶 *Coenonympha amaryllis*、直纹稻弄蝶 *Parnara guttata* 和豆灰蝶 *Plebejus argus* 等。该区凤蝶科种类已经很少，一般仅分布 2 种，高海拔地带凤蝶科绝迹，而绢蝶科种类发生量较多，并有一些欧洲-西伯利亚种的侵入，该区蝶类资源与南端中山丘陵蝶类资源已经有了较大的区别，聚类分析结果也说明了这一点。Ⅴ. 西北部丘陵蝴蝶区　是指雁北地区和吕梁山西侧的丘陵地带，包括前述的 NE1、NE2、NW1 和 C6 等 4 个人工林区(相似程度在 88% 以上)。该区自然次生林少，人工林多，风大寒冷，水土流失严重，蝶类分布较为贫乏，已知 113 种，主要是广布性的种类，有一些中亚细亚种和欧洲-西伯利亚种的侵入。代表种类有：菜粉蝶 *Pieris rapae*、豆粉蝶属 *Colias* spp.、酒眼蝶 *Oeneis* spp.、福豹蛱蝶 *Fabriciana niobe*、铂蛱蝶 *Proclossiana eunomia*、红线蛱蝶 *Limenitis populi*、红眼蝶属 *Erebia* spp. 和星点弄蝶 *Syrichtus tessellum* 等。凤蝶科的种类在该区的南缘只是偶尔能见到。除代表种外，其他蝶类的种群数量都不大。

### 2.3　蝴蝶区特有性分析与保护优先序

物种分类单元的分布或生物地理差异构成了动植物区系组成和特有性方面的差异。其中特有性在自然保护中具有重要的意义，被用来确定区系保护的优先顺序(袁德成，1997)。在本文的特有性分析中，特有种是指在讨论的多个蝴蝶区系中，仅在某区有分布的种类。通过对山西各蝴蝶区特有性的比较分析(表 3)，可知南端山地蝴蝶区系是特有性最高的区系(特有种占区系成分的 21.6%)，这样就把南端山地蝴蝶区作为第一优先保护区。其次是中部高山蝴蝶区系(特有种占区系成分的 5.2%)和西北部丘陵蝴蝶区系(特有种占区系成分的 2.7%)。依据互补性原理，应用关键区系分析法，得出蝴蝶区保护优先序和最低保护区组合(表 4)，它们是南端山地蝴蝶区、中部高山蝴蝶区、西北部丘陵蝴蝶区和中南部山地丘陵蝴蝶区，这 4 个蝴蝶区系是山西蝶类多样性保护的关键区系，组成山西蝶类的最低保护区

**表 3 山西蝴蝶区特有性分析**

**Table 3 Endemism analysis of butterfly regions in Shanxi**

| | 南端山地蝴蝶区 South-end mountain butterfly region | 南部盆地蝴蝶区 South part basin butterfly region | 中南部山地丘陵蝴蝶区 Middle-South part mountain-hill butterfly region | 中部高山蝴蝶区 Middle part high mountain butterfly region | 西北部丘陵蝴蝶区 Northwest hill butterfly region |
|---|---|---|---|---|---|
| 种数 Number of species | 176 | 99 | 140 | 134 | 113 |
| 特有种数 Endemic species number | 38 | 0 | 1 | 7 | 3 |
| 特有种比例（%） Endemic species proportion（%） | 21.6 | 0 | 0.7 | 5.2 | 2.7 |

**表 4 山西蝶类优先保护区域分析**

**Table 4 The priority area analysis for butterfly conservation in Shanxi**

| 序号 Order | 补充种类数 Incremental number of species | 累计种类数 Cumulative number of species | 多样性积分（%） Cumulative diversity score（%） | 蝴蝶区名称 Name of butterfly region |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 176 | 176 | 81.5 | 南端山地蝴蝶区 South-end mountain butterfly region |
| 2 | 35 | 211 | 97.7 | 中部高山蝴蝶区 Middle part high mountain butterfly region |
| 3 | 4 | 215 | 99.5 | 西北部丘陵蝴蝶区 Northwest hill butterfly region |
| 4 | 1 | 216 | 100 | 中南部山地丘陵蝴蝶区 Middle-South part mountain-hill butterfly region |

组合。从表 4 可见，保护南端山地蝴蝶区即可保护山西蝶类 81.48% 的种类，保护南端山地蝴蝶区和中部高山蝴蝶区即可保护山西蝶类 97.69% 的种类。可见，南端山地蝴蝶区系和中部高山蝴蝶区系应该是山西蝶类多样性保护的重点。

# 3 讨论

生物多样性及其地域性特点是在漫长的地质历史过程中演化形成的，它受到现代气候、土壤、植被、人类活动以及历史环境变迁的影响。在山西的生态系统中，这些因素都影响着蝴蝶种类的分布，其中除温度不同外，植被变化、人类活动等环境因素也是主导因素。譬如：在山西的市郊和农耕发达的地区，由于环境的劣化，蝶类多样性的丧失严重，已很少见到漂亮的蝴蝶种类，只菜粉蝶的发生十分普遍。

山西省地处黄土高原的东部，境内有山地、丘陵台地、盆地等地貌特征。气候有温带半干旱、暖温带半湿润、暖温带半干旱等气候类型。海拔高低相差 2 800 多米，起伏异常显著。植被分布有落叶阔叶林、针阔叶混交林、针叶林、落叶灌木林、山地草甸、灌草丛和干旱草原等分布区。复杂多样的地理环境、气候条件和植被分布，必然会影响到蝶类资源的分布，山西蝶类的分布规律和特点也正是受这些自然环境条件的影响而形成的。根据各分布区蝶类资源的统计，可以看出，山西省 15 个林区的蝶类资源存在着一定的共同性（53 种），但差异性较大（163 种），所以在此进行地带分布的讨论分析和山西蝴蝶区的划分是很有意义的。山西省蝶类由南向北，由东向西呈减少趋势，这是与自然地理环境密切相关的。另外从山区到平原也呈减少趋势，这是由于平原地带农业发达，植被类型简单而造成的。可见，越是起源较古老的自然植被地带，蝴蝶种类就越丰富。

山西蝶类多样性分布的特点不仅仅是林区之间的差异较大，从南到北，随着纬度的增加还呈递减趋势。这一点与物种多样性的纬度地带性相吻合，即低纬度地区比高纬度地区有更多的物种（张文驹和陈家宽，2003）。

蝴蝶等昆虫种类是以庞大的种群数量而生存的一类物种，适宜的生存环境是保证其种群得以繁衍的决定因素。因此，保护和发展蝶类的适宜生存环境是蝶类多样性保护的最基本、最有效的途径。尽

量减少和控制人类活动对以森林为主体的生态系统的破坏，对保护生态环境和昆虫资源是非常必要的，对人类的发展与繁荣亦是十分有益的（杨大荣，1998）。山西属于少林省份，在全省总土地面积中，林地157万公顷，占10.2%，森林总覆盖率仅10%左右，低于全国12.7%的水平。其中除去人工林，天然次生林的面积就更为稀少。从山西蝶类的分布现状和分布规律可看到，丰富的山西蝶类多样性主要表现在具有天然次生林分布的林区。而山西省的天然次生林面积又在旅游、矿业等开发活动中不断地减少。这就迫切需要进一步来加强对天然次生林的保护和管理。由于山西地形的复杂，形成的小气候环境大大丰富了山西的蝶类多样性，而山区的旅游开发往往选择的目的地也大多是环境优美的小气候环境，可见旅游开发是对蝶类多样性的重大威胁，所以在旅游开发工作中，一定要对旅游线路的设计和旅游设施的建设持慎重态度，协调好旅游开发和保护小气候环境的关系。

山西林区划分的5个蝶类分布带中，南端山地蝴蝶区中部高山蝴蝶区的蝶类多样性成分已经有了较大的区别，相似系数在0.61左右（表2）。2个蝴蝶区的蝴蝶种类共有211种，保护这2个蝴蝶区系即可保护山西蝶类97.7%的种类（表4）。可见，这两个蝴蝶区是山西省蝶类资源的宝库，它们具有局部优越的森林生态环境，小气候效应明显，种源丰富，是进行蝶类多样性保护和饲养开发的最佳地区。

**致谢**　本研究工作中，李传隆教授，方承莱研究员曾经帮助鉴定部分标本，袁德成教授、马恩波教授、谢映平教授等在工作中给予指导和帮助，在此特别致谢。

## 参考文献（References）

Cao TW，Lou JX，1997. Studies on the fauna of the butterflies in Shanxi Province. In：Yang XK，Wu H eds. Advances in Study of the Entomology. Beijing：China Forestry Press. 313－322.［曹天文，娄巨贤，1997. 山西蝶类区系的研究. 见：杨星科，吴鸿主编. 昆虫学研究进展. 北京：中国林业出版社. 313－322］

Chen LZ，1993. Biodiversity of China—Current Status and Protection Strategies. Beijing：Science Press. 1－205.［陈灵芝，1993. 中国的生物多样性——现状及其保护对策. 北京：科学出版社. 1－205］

Chen ZN，Zeng Y，2001. The butterfly diversity of different habitat types in Qilian，Qinghai Province. *Chinese Biodiversity*，9(2)：109－114.［陈振宁，曾阳，2001. 青海祁连地区不同生境类型蝶类多样性研究. 生物多样性，9(2)：109－114］

Chou I，1994. Monograph of Chinese Butterflies. Zhengzhou：Henan Scientific and Technological Publishing House. 1－854.［周尧，1994. 中国蝶类志. 郑州：河南科学技术出版社. 1－854］

Chou I，1998. Classification and Identification of Chinese Butterflies. Zhengzhou：Henan Scientific and Technological Publishing House. 1－349.［周尧，1998. 中国蝴蝶分类与鉴定. 郑州：河南科学技术出版社. 1－349］

Davies K，Margules CR，1998. Effects of habitat fragmentation on carbide beetles：experimental evidence. *J. Anim. Ecol.*，67：460－471.

Fan RJ，Han PJ，Wang Q，Zhang RX，Zhang DB，Li WZ，Jiang SZ，Li YL，1999. A preliminary report on the investigation of butterflies in the Zhongtiao Mountains. *Entomological Knowledge*，36(1)：207－209.［范仁俊，韩鹏杰，王强，张润祥，张殿斌，李文柱，姜世忠，李玉龙，1999. 中条山区蝶类考察初报. 昆虫知识，36(1)：207－209］

Huang RX，Zhou H，Li XP，2000. Butterflies in Xinjiang. Ürümqi：Xinjiang Science and Technology and Health Press. 1－105.［黄人鑫，周红，李新平，2000. 新疆蝴蝶. 乌鲁木齐：新疆科学技术卫生出版社. 1－105］

Kinnunen H，Järveläinen K，Pakkala T，Tiainen J，1996. The effect of isolation on the occurrence of farmland carbides in a fragmented landscape. *Ann. Zool. Fennici.*，33：165－171.

Laurance WF，1994. Rainforest fragmentation and the structure of small mammal communities in tropical Queensland. *Biol. Conserv.*，69：23－32.

Murrell DJ，Law R，2000. Beetles in fragmented woodlands：a formal framework for dynamics of movement in ecological landscapes. *J. Anim. Ecol.*，69：471－483.

Tong XS，Qian ZQ，Wang LS，1993. Butterfly Fauna of Zhejiang. Hangzhou：Zhejiang Science and Technology Press. 1－87.［童雪松，潜祖琪，王连生，1993. 浙江蝶类志. 杭州：浙江科学技术出版社. 1－87］

Wang GX，1992. Shanxi Forestry. Beijing：China Forestry Press. 10－257.［王国祥，1992. 山西森林. 北京：中国林业出版社. 10－257］

Wu CS，2001. Fauna Sinica (Insecta Vol. 25，Lepidoptera Papilionidae). Beijing：Science Press. 1－367.［武春生，2001. 中国动物志（昆虫纲，第二十五卷，鳞翅目，凤蝶科）. 北京：科学出版社. 1－367］

Wang T，1960. Name lists of butterflies in Taiyuan and near area. *Journal of Shanxi Teachers College*，(3)：89－92.［王焘，1960. 太原及其附近蝶类名录. 山西师范学院学报，(3)：89－92］

Wang XJ，1985. Forest Insect Pictures of Hebei. Shijiazhuang：Hebei Science & Technology Press. 197－221.［王绪捷，1985. 河北森林昆虫图册. 石家庄：河北科学技术出版社. 197－221］

Wang ZC，1999. Monographia of Original Colored & Size Butterflies of China's Northeast. Jilin：Jilin Scientific and Technological Publishing House. 1－307.［王直诚，1999. 东北蝶类志. 吉林：吉林科学技术出版社. 1－307］

Wang ZG，Chen DH，Wang ZY，1990. Butterfly Fauna of Henan. Zhengzhou：Henan Scientific and Technological Publishing House. 1－66.［王治国，陈棣华，王正用，1990. 河南蝶类志. 郑州：河南科学技术出版社. 1－66］

Yang DR，1998. Studies on the structure of the butterfly community and diversity in the fragmentary tropical rainforest of Xishuangbanna，China.

*Acta Entomologica Sinica*，41(1)：48－55.［杨大荣，1998. 西双版纳片断热带雨林蝶类群落结构与多样性研究. 昆虫学报，41(1)：48－55］

Yang H，Wang CH，Yu P，1994. Pictorial Handbook of Butterflies in Beijing. Beijing：Scientific and Technological Documents Publishing House. 1－128.［杨宏，王春浩，禹平，1994. 北京蝶类原色图鉴. 北京：科学技术文献出版社. 1－128］

You P，Li HH，Wang SX，Xu JS，2003. Diversity of the moth community in the Qilihai wetland，Tianjin. *Acta Entomologica Sinica*，46(5)：617－621.［尤平，李后魂，王淑霞，徐家生，2003. 天津七里海湿地蛾类多样性. 昆虫学报，46(5)：617－621］

Yu XD，Luo TH，Zhou HZ，2003. Species diversity of litter-layer beetles in the Fengtongzhai National Nature Reserve，Sichuan Province. *Acta Entomologica Sinica*，46(5)：609－616.［于晓东，罗天宏，周红章，2003. 四川蜂桶寨国家自然保护区地表甲虫物种多样性. 昆虫学报，46(5)：609－616］

Yuan DC，1997. Inventory，endangerment category and conservation priority. In：Jiang ZG，Ma KP，Han XG eds. Conservation Biology. Hangzhou：Zhejiang Science and Technology Press. 105－119.［袁德成，1997. 物种编目、濒危等级和保护优先序. 见：蒋志刚，马克平，韩兴国主编. 保护生物学. 杭州：浙江科学技术出版社. 105－119］

Yuan DC，1998. Methodology for studying insect species diversity. In：Song YL，Yang QE，Huang YQ eds. Research and Conservation of Species Diversity. Hangzhou：Zhejiang Science and Technology Press. 88－97.［袁德成，1998. 昆虫物种多样性研究方法. 见：宋延龄，杨亲二，黄永青主编. 物种多样性研究与保护. 杭州：浙江科学技术出版社. 88－97］

Zhang QG，Zhang DY，2003. Biodiversity and ecosystem function：recent advances and trends. *Chinese Biodiversity*，11(5)：351－363.［张全国，张大勇，2003. 生物多样性与生态系统功能：最新的进展与动向. 生物多样性，11(5)：351－363］

Zhang WJ，Chen JK，2003. Advances in study of the distribution area of species. *Chinese Biodiversity*，11(5)：364－369.［张文驹，陈家宽，2003. 物种分布区研究进展. 生物多样性，11(5)：364－369］

Zhang ZY，Cao TW，Wang GS，Gai Q，1991. Butterfly fauna in Pangquan Ravine nature reserves. *Journal of Shanxi Agricultural University*，11(1)：39－46.［张志勇，曹天文，王光善，盖强，1991. 庞泉沟自然保护区蝶类区系的研究. 山西农业大学学报，11(1)：39－46］

（责任编辑：袁德成）